



DEFINIZIONE DELLE PRESTAZIONI DEL VEICOLO

- Per poter definire le prestazioni adeguate che un veicolo deve avere per adempiere alle sue funzioni, bisogna innanzitutto conoscere il contesto in cui esso è destinato ad operare.
- Ad esempio, bisogna conoscere quali sono le resistenze da vincere durante il viaggio, per poter stabilire potenza, coppia e velocità che il propulsore deve essere in grado di erogare.



RESISTENZE AL MOTO

- dipendono da veicolo, ambiente, percorso;
- Le resistenze al moto sono forze equivalenti, dal punto di vista energetico, alle dissipazioni non conservative (ex: aerodinamica, rotolamento ecc.) o forze conservative (ex: pendenza, frenatura rigenerativa ecc.);
- tutte le resistenze al moto hanno verso opposto all'avanzamento del veicolo dunque provocano decelerazione.



RESISTENZE AL MOTO

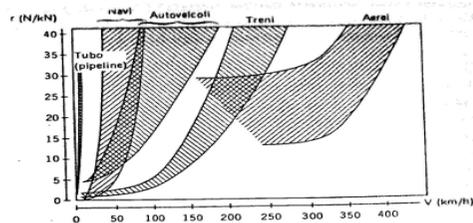


Figura 26.1. Resistenze al moto dei diversi sistemi di trasporto.

- sistemi a tubo	:	10 + 15	km/h
- natanti	:	40 + 90	"
- autoveicoli	:	90 + 200	"
- treni	:	200 + 300	"



Resistenze al moto

La potenza impiegata in un mezzo di trasporto è principalmente dissipata nelle resistenze all'avanzamento

- **Resistenza al rotolamento**
Zona di appoggio non puntiforme, dipende dai materiali a contatto
- **Resistenza del percorso (pendenze e curve)**
Energia che generalmente si recupera nei tratti discendenti
- **Resistenza aerodinamica**
L'aria si oppone all'avanzamento del veicolo





RESISTENZA AL ROTOLAMENTO

Dipende dalla deformazione del suolo, dallo schiacciamento dello pneumatico (quindi anche dalla sua pressione di gonfiaggio), dall'attrito nei perni e dalla ventilazione.

RESISTENZA UNITARIA AL ROTOLAMENTO (r_r):

$$r_r = r + 5 \cdot 10^{-4} \cdot v^2 \quad R_{rot} = r_r \cdot P$$



VALORI TIPICI

<i>Coppia organo/sede</i>	<i>r</i> (N/kN)	<i>v</i> (km/h)
Ruota pneumatica su strada:		
- in cemento	10 + 15	< 150
- in asfalto	12 + 18	< 100
- in macadam	20 + 25	< 60
Ruota pneumatica fuori strada:		
- su terreno naturale	80 + 100	< 100
- su sabbia	150 + 200	< 40
Ruota in ferro su rotaia:		
	1 + 2	100 + 150
	1,5 + 2,5	< 40
Cingolo su strada	30 + 50	< 40



Resistenze al rotolamento

L'attrito volvente è nullo quando:

- La strada e la ruota sono perfettamente rigidi
- La strada e la ruota sono perfettamente elastici

Naturalmente non esistono corpi perfettamente rigidi o perfettamente elastici.

Ing. Mattia Strangi e-mail: mattia.strangi@gmail.com



Resistenze al rotolamento

- Forza d'attrito è direttamente proporzionale alla forza premente, ha direzione parallela alle facce di contatto e verso tale da ostacolare il movimento

$$F_{\text{attrito}} = k \times F_{\text{premente}}$$

k= coefficiente d'attrito

k non dipende dalla estensione della superficie

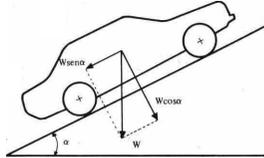
Ing. Mattia Strangi e-mail: mattia.strangi@gmail.com



Resistenze dovute alla strada

Per quanto riguarda i veicoli da noi trattati le resistenze dovute alla sede stradale sono dovute alla pendenza e alla curvatura del percorso.

Pendenza del percorso (conservativa):
Come per un piano inclinato della meccanica classica, parte della massa del veicolo è artefice di una forza sul piano del moto, tramite il campo gravitazionale.



$$R_p = Mg \cdot \sin \alpha = Mg \cdot \operatorname{tg} \alpha = Mg \cdot \frac{H}{L} = Mg \cdot i / 1000$$

dove i è la pendenza della sede espressa usualmente in metri/kilometri ("per mille").

Ing. Mattia Strangi e-mail: mattia.strangi@gmail.com



Resistenze dovute alla strada

Nel caso delle curve è di tipo dissipativo (non conservativo): dipende dal sistema sterzante, dal dislocamento del fluido, dall'inerzia del veicolo

$$r_{curva} = \text{costante} \cdot \frac{f_r \cdot l}{R} = 1 \div 2 \text{ N/kN}$$



Resistenza aerodinamica Cx

Cx è un numero che esprime la resistenza aerodinamica di una forma senza considerare la superficie. Più è basso, migliore è la penetrazione aerodinamica, ovvero minore è la resistenza opposta all'aria, a parità di superficie.

Moltiplicato per la superficie trasversale dell'auto permette di confrontare realisticamente la resistenza aerodinamica dei vari modelli

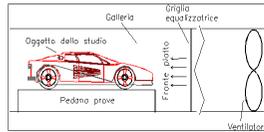
$$R_a = \frac{1}{2} \delta S v^2 C_x$$

con δ densità dell'aria ($\sim 1.22 \text{ kg/m}^3$)

S: superficie della sezione frontale della vettura

v: velocità del baricentro

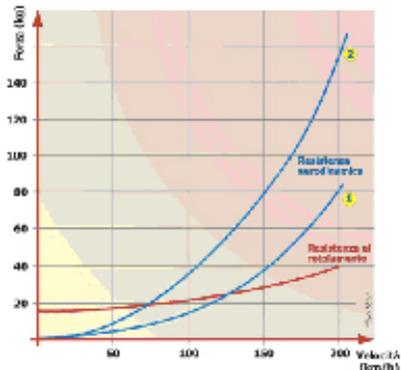
Cx: coefficiente aerodinamico complessivo della vettura



Ing. Mattia Strangi e-mail: mattia.strangi@gmail.com



Resistenza aerodinamica Cx

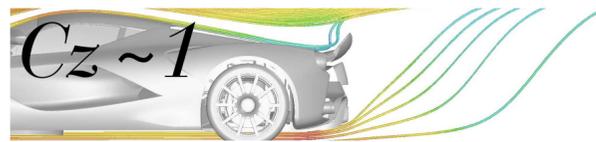




Resistenza aerodinamica Cz

Una vettura trae vantaggio aerodinamico della deportanza principalmente in curva dove le forze di inerzia che causano le forze centrifughe tendono a renderne instabile sia la traiettoria sia l'aderenza, dunque un aumento del peso totale della vettura riesce a tenerla più aderente e schiacciata al suolo. Il vantaggio è anche in termini di stabilità in rettilineo: senza un alettone posteriore la vettura rischierebbe di decollare. Tuttavia lo svantaggio più comune è che più si aumenta l'incidenza degli alettoni, più aumenta la forza di resistenza aerodinamica con diminuzione delle velocità di punta nei tratti in rettilineo. È per questo che si adottano generalmente soluzioni di maggiore o minore compromesso (*trade-off*) in funzione delle caratteristiche del tracciato.

A 250 km/h 'LaFerrari' assicurerà una deportanza di oltre 500 kg





Resistenza aerodinamica Cz

La deportanza è proporzionale alla velocità, più precisamente alla velocità relativa tra la macchina e l'aria. Quindi, a bassa velocità, la deportanza è trascurabile. Questo va ricordato quando si impostano le regolazioni per le curve lente: la deportanza non avrà molto effetto. Ad alta velocità, invece, la deportanza è in molti casi dominante rispetto alle regolazioni meccaniche.



Monte Carlo

Monza



Aerodinamica Ferrari 458





Resistenze al moto



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Prof. Ing. Mattia Strangi

Università degli Studi di Bologna
Dipartimento DICAM – Ingegneria Civile, Ambientale e dei Materiali – www.dicam.unibo.it
Tel. 393-2111984, e-mail mattia.strangi@unibo.it
Ricevimento martedì ore 11:30 previo appuntamento.
